대한PACS학회지 2006;12:81 - 84

적외선 영상집중을 이용한 비접촉 호흡 감지 시스템의 개발

김정훈[1] · 김남현[2] · 박선영[1]

[1]연세대학교 대학원 생체공학협동과정, [2]연세대학교 의과대학 의학공학교실

Development of Non-Contacting Breath Monitoring Device by Image Convergence of Infrared Light

J.H. Kim[1], N. H. Kim[2], S. Y. Park[1]

[1]Graduate Program in Biomedical Engineering, Yonsei University
[2]Department of Medical Engineering, College of Medicine, Yonsei University

= Abstract =

We demonstrated proof-of-concept for a non- contacting device that utilizes differential absorption of infrared light to monitor the breathing of a human subject. It was determined that the best way to achieve the desired results was to take advantage of light absorp tion characteristics of carbon dioxide to detect the presence or absence of periodic exhalation by the subject. The device design was divided into two separate components. The first is designed to emit infrared light at a wavelength appropriate for absorption by exhaled carbon dioxide. The second is designed to focus and detect the emitted light, generating an amplified signal output based on the relative intensity of transmittance. By analyzing this output signal, the breathing rate of the subject was determined. In order to increase the convenience and handiness of its use, data acquisition and display is accomplished by Personal Digital Assistance (PDA). Its intended use is to give earlier and more reliable warning of breathing irregularities in infants at risk of Sudden Infant Death Syndrome (SIDS). An additional application for which the device could potentially be useful is the monitoring of post-operative patients to detect apnea during recovery from anesthesia.

1. 서 론

미국 American SIDS Alliance 의 보고에 의하면 태어난지 1달에서 1년사이의 신생아들의 사망 원인중 세 번째로 많은 빈도를 차지하는 원인은 유아돌연사증후군(SIDS)에 의한 사망이라고 한다. 1980년도부터 지금까지의 조사에 의하면 유아돌연사 증후군에 의한 사망은 줄어드는 추세이나 여전히 500명중의 한명의 신생아가 SIDS로 사망하게 된다고 한다 [1]. 유아돌연사 증후군은 겉으로 보기에 건강한 상태의 신생아 들에게도 발생될수 있으며 아직까지 그 정확한 원인과 증상은 밝혀내고 있지 못하는 실정이다. 잠을 자고 있는 신생아가 호흡하는 것을 잃어버리고 그에 따라 산소의 공급부족으로 죽음에 이르게 되는 유아돌연사 증후군에 대한 대처 방안으로 현재 병원에서는 혈중산소포화도 측정기를 가장 널리 사용하고 있는 실정이다. 혈중산소포화도는 혈중 산소포화도가 안전범위에 미치지 못하는 경우에 알람을 줄수 있도록 프로그램화 되어 있

본연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업(A040032)의 지원으로 수행되었음
통신저자: 김남현, (120 - 752) 서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 의학공학교실
Tel: 02 - 2228 - 1915, Fax: 02 - 363 - 9923
E - mail: knh@yumc.yonsei.ac.kr

으나, 프로브와 환자간의 직접적인 접촉이 필수인 만큼 환자의 움직임에 따르는 동잡음으로 인하여 신호를 왜곡하고 결국 잘못된 알람을 발생시키기도 한다. 이러한 동잡음의 문제뿐만 아니라, 프로브와 기계 사이에 존재하는 선들로 인하여 아이들의 목을 감게 되는 등 안정상의 문제도 제기 되어왔다.

이러한 이유에서 환자와의 직접적인 접촉 없이 저렴한 방식으로 병원 뿐만 아니라 집에서도 감시할수 있는 장치의 개발이 필요하였다.

본 연구에서는 적외선과 이산화탄소의 흡수 특성을 이용하여 비접촉 방식의 호흡 감지 시스템을 개발하였으며 이는 유아돌연사증후군 뿐만 아니라 수술 후 마취에서 깨어나고 있는 경우나 무호흡 질환을 가지고 있는 환자에게 유용한 장치가 될 수 있음을 입증한다.

2. 개발된 장치의 구성

비접촉 호흡감지 장치 개발에는 이산화탄소와 빛의 흡수 스펙트럼에 보여지는 특성을 이용한다. 그림 1에서는 이산화탄소의 흡수 스펙트럼을 보여주고 있다.

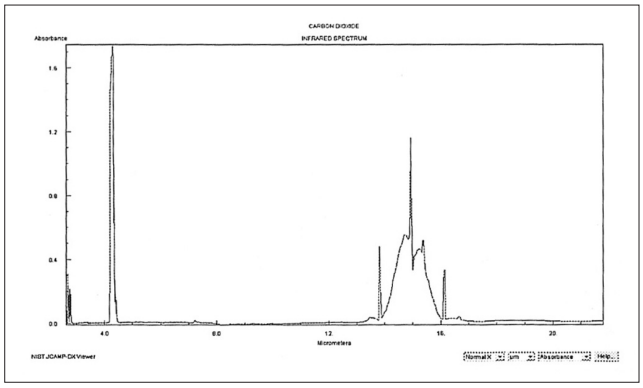

그림 1. 이산화탄소의 빛 흡수 스펙트럼 [8]

2.1. 적외선 송신부

본 연구에 의해 개발된 적외선 송신광에는 이산화탄소의 흡수 스펙트럼에서 가장 민감한 반응 보이는 4.3 ㎛ 대역의 파장을 발산하는 적외선 LED와 발산하는 빛을 퍼지지 않고 가운데로 모아질 수 있도록 도와주는 elliptical reflector를 제작하여 LED의 상단에 장착하였다. 또한 LED의 성능을 최대로 끌어올리기 위해 LED - PG 를 장착하였다.

2.2. 적외선 수신부

적외선을 수신하고 감지하는 HgCdTe (Mercury Cadium Telluride) 센서와 받아들인 미약한 신호를 증폭할 수 있는 증폭기, 시간이 지남에 따른 센서의 열 발생을 억제할 수 있는 TE - Controller를 장착하였다.

2.3. 데이터의 저장

개발된 1채널 측정 시스템으로부터 측정된 데이터는 M - series DAQ(National Instrument, USA)를 통해 노트북 PC(NX6120, Hewlett Packard, USA)에 저장되었다.

2.4. 데이터의 분석

저장된 데이터의 분석 프로그램은 LABVIEW8.2 (National Instrument, USA)로 개발하였다.

3. 실험 방법

3.1. 비접촉 방식의 실험 환경

그림 2은 비접촉 방식의 실험 환경을 보여주고 있다. 환자의 왼쪽에는 적외선의 수신부가 위치하며 오른쪽에는 적외선의 송신부와 퍼져나가는 빛을 모아줄수 있는 parabolic reflector가 위치하게 된다.

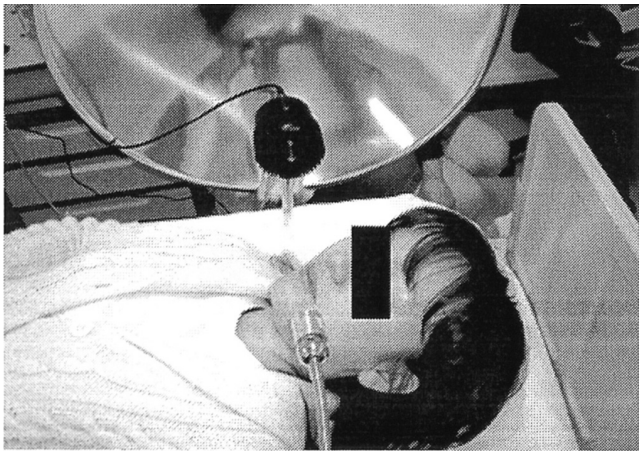

그림 2. 비접촉 방식의 실험 환경

3.2. 측정대상

측정대상은 30대 성인여성으로 다음과 같이 3가지의 실험을 실시하였다.

3.3. 실험과정

첫 번째 실험은 환자가 먼저 입으로 숨을 내쉬게하고 그다음 코로 숨을 내쉬게 한다. 이때 감지된각각의 신호 차이를 코로 숨을 내쉬는 경우와 입으로 내쉬는 경우로 나누어 비교한다 (그림 3, 4). 두 번째 실험은 약 10초간 숨을 멈추게 했을

때와 20초간 숨을 멈추게 했을 때를 비교한다. 개발된 신호분석 프로그램은 감지된 신호가 10초이상 존재 하지 않을 경우 노란색의 빛을 표시하게 되며 20초 이상일 경우에는 빨간색의 빛을 표시하게 된다 (그림 5, 6). 세 번째 실험은 100회 동안 숨을 내쉬면서 100회 내쉰 숨을 몇 번 감지 하는지를 실험하였다(표 1).

4. 실험 결과

첫 번째 실험의 결과는 아래 그림 3과 4에서 처럼 입으로 숨을 내쉰 경우 더 많은 이산화탄소를 감지하며 코로 숨을 내쉰 경우보다 더 큰 신호 반응을 보여주고 있다.

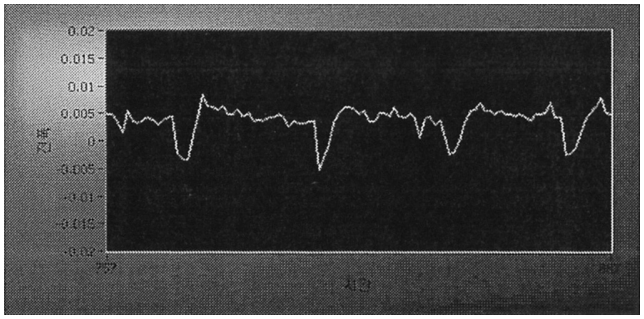

그림 3. 입으로 숨을 내쉰 경우

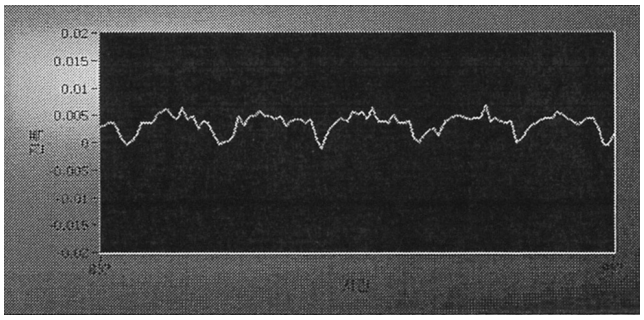

그림 4. 코로 숨을 내쉰 경우

두 번째 실험의 결과는 그림 5 이며 10초 이상 숨을 쉬지 않을 경우 노란 색의 경고 표시가 되며 20초 이상 숨을 쉬지 않은 경우 그림 6에서 처럼 빨간색 경고 표시가 된다.

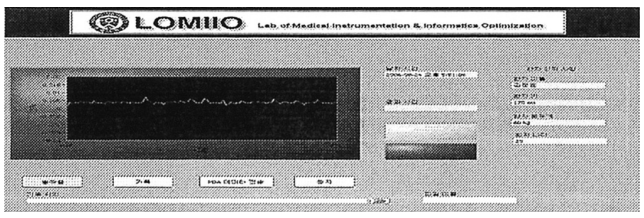

그림 5. 10초 이상 숨을 멈추었을 경우

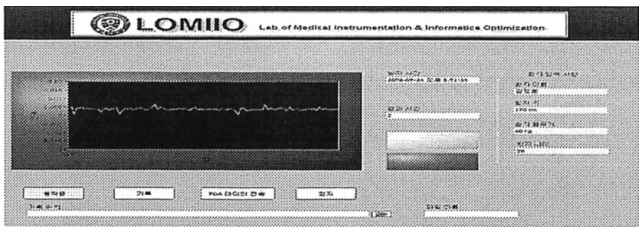

그림 6. 20초 이상 숨을 멈추었을 경우

5. 결 과

개발된 장치의 정확성을 측정하기 위해서 민감도과 특이도을 실험하였다. 세 번째 실험으로서 숨을 100회 내쉴 경우 정상적으로 이산화탄소를 감지하는지 여부를 측정하고 반대로 숨을 멈출 경우 이산화탄소를 감지 하지 못하는 여부를 실험하였다. 실험의 결과는 표 1과 같으며 민감도와 특이도는 각각 98%로 높은 정확도를 나타났다.

표1. 민감도와 특이도 분석을 위한 실험 결과

100번 trial	실험결과양성	실험결과음성
실제양성	98	2
실제음성	2	98

6. 고찰 및 결론

개발된 비접촉식 호흡 감지 장치는 현재 병원에서 사용되고 있는 혈중산소포화도 측정기나 기타 장치가 갖고 있는 여러 문제점에 대처 할 수 있는 장치임을 높은 정확도로서 입증하였다. 비접촉 방식의 호흡 감시 장치는 병원에서 뿐만 아니라 가정에서도 저렴한 가격으로 구입하여 유아돌연사증후군과 같은 위험으로부터 신생아를 지키고 무호흡 증상이 나타나고 있는 성인과 노인의 불규칙적이고 불안정안 호흡을 안전하게 감시하여 미연에 대처할 수 있는 가능성을 보여주었다.

본 연구를 통하여 이산화탄소의 빛의 흡수 특성을 호흡 감시 장치 개발에 이용할 수 있다는 이론을 증명하였으며 임상에서 사용되고 있는 장치보다 저렴한 가격으로 제작 할 수 있으며 이와 같은 장치를 필요로 하는 시장의 많은 요구에 획기적인 돌파구가 될 수 있다는데 의의가 있다.

참 고 문 헌

1. American Sudden Infant Death Syndrome Institute, http://www.sids/org/
2. National Sudden Infant Death Syndrome Resource Center,

http://www.disdcenter.org/
3. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, http://www.cdc.gov/nchs/
4. Cox B and Lala A. The Design of an Infant Breath Monitor from and Industrial Perspective. May 2001.
5. Fearnley SJ, Pulse Oximetry. Update in Anaesthesia, Issue 5(1995), Article 2. http://www.nda.ox.ac.uk/wfsa/html/u05/u05_003/htm
6. Smith BE, Patel NP, King PH, Flanagan JF. Automated End-Tidal CO2Monitoring in the Postoperative Patients.
7. American Hospital Association, http://www. hospitalconnect.com/aha/about/index/html
8. NIST Chemistry Web Book, JCAMP-DX Viewer, http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C124389&Units=SI&Mask=80#IR-Spec
9. Boston Electronics Corporation, http://www.boselec.com/
10. New England Photoconductor, http://www.nepcorp.com/

대한PACS학회지 2006;12:81 - 84

=초 록=

본 연구에서는 적외선 광의 차별적 흡수특성의 이론을 증명하고 이를 이용한 환자의 호흡을 비접촉식으로 감시하는 장치를 개발하였다. 이러한 목적을 위한 방법으로 이산화탄소의 빛 흡수 특성을 이용하여 환자의 정기적인 숨의 내쉼을 감지하였다. 개발된 장치는 두개의 구성요소로 나뉘는데 첫째는 환자가 내쉬는 이산화탄소를 흡수하는데 적적한 파장을 발산할 수 있는 적외선 수신광을 설치하였다. 둘째는 수신되는 빛을 집중시키고 감지하며 투과량에 대한 밀도에 따를 증폭된 신호를 발생시키는 장치를 설치하였다. 이때 출력되는 신호를 분석한 환자의 호흡유무를 판단하게 된다. 본 연구에서 개발된 비접촉식 장치는 접속식 장치에서 발생시키는 노이즈 발생과 이로 인한 잦은 오작동을 통한 장치의 신뢰도 문제에 있어서 해결방안을 구하고자 하였으며, 또한 사용의 편리성을 위해 PDA를 이용한 데이터 수집 및 처리장치의 개발도 이루어졌다. 이 장치는 수술 후 환자나 마취에서 깨어난 환자의 무호흡 상태 감지에도 사용될 수 있다.